

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	過渡光電流測定法を用いた有機半導体の電荷輸送特性に関する研究
Title(English)	
著者(和文)	向後潤一
Author(English)	Junichi Kougo
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10112号, 授与年月日:2016年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:石川 謙,森 健彦,松本 英俊,早水 裕平,飯野 裕明
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10112号, Conferred date:2016/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第		号	学位申請者氏名		向後 潤一	
論文審査 審査員		氏 名		職 名		氏 名	職 名
	主査	石川 謙		准教授	審査員	飯野 裕明	准教授
	審査員	森 健彦		教授			
		松本 英俊		准教授			
		早水 裕平		准教授			

論文審査の要旨（2000 字程度）

本論文は「過渡光電流測定法を用いた有機半導体の電荷輸送特性に関する研究」と題し、日本語で書かれ、5 章より構成されている。

第 1 章「序論」では、本研究の対象となる有機半導体についての研究の歴史を外観した後に、有機半導体の形態、精製法、電荷輸送機構を概説している。形態については、結晶性、アモルファス性、液晶性有機半導体の特徴を述べた後、液晶性有機半導体については電荷輸送の研究が活発に行われてきたスメクチック液晶、カラムナー液晶に加え本研究の対象となる双連続型キュービック液晶の構造も説明している。電荷輸送機構の説明より、電荷易動度が有機半導体の電気物性を決定する重要な因子であることを示し、易動度の種々の測定手法を整理してまとめ、測定手法により得られる易動度の値が異なることを指摘している。その上で、有機半導体のデバイス応用という観点から、異方性のある結晶性有機半導体の易動度異方性を単一の測定手法で評価することが重要であること、アモルファス性より高い易動度を示す液晶性有機半導体で、従来の液晶より低異方性が期待できる双連続型キュービック液晶は従来にない特徴を持つ有機半導体となる可能性があることを指摘し、これらの開発と評価を行うという本研究の目的を提示している。

第 2 章「横方向の過渡光電流測定法」では、易動度測定法の中で信頼性が高いとされ、本研究でも測定手法として用いている過渡光電流測定法について、試料厚み方向の測定は比較的容易で多くの論文もあり測定手法として確立しているのに対し、試料表面に平行な横方向については、測定例は少なく、スリット電極間の一方の電極近傍のみを光励起して過渡光電流測定を行い、解析には厚み方向と同じ手法を用いた論文と、スリット電極間を均一に光励起し、厚み方向とは異なる解析手法を用いた論文があるものの、前者では光励起密度が高くなり高密度励起の弊害が生じるという問題があり、後者では用いられている解析手法に理論的裏付けがなく評価された値の信頼性に問題があるため、横方向の過渡光電流測定が手法として確立していないことを指摘した上で、スリット電極間を均一に励起した場合の過渡光電流を、1 次元の電荷移動のコンピュータシミュレーションとすり合わせることで易動度を求めるという新規手法を提案し、易動度の分散、電荷再結合などの個々の要素の過渡光電流波形への影響とフィッティング手法を提示している。

第 3 章「ペリレン単結晶の易動度異方性」では、ペリレン単結晶を測定対象として、2 章で提示した解析方法を適用し易動度異方性の評価を行っている。ペリレンの薄膜単結晶を作製し、試料の純度の確認の意味も含めて、過渡光電流測定法により厚み方向の易動度評価を行い、電子易動度として $0.33\text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ 、ホール易動度として、 $0.12\text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ の値を得ている。この値と先行研究の値を比較し、試料の純度と測定系の精度を確認した上で、スリット電極間を均一に励起した横方向過渡光電流測定を行い、得られた過渡光電流波形と 2 章で述べたシミュレーション結果との比較により、電子易動度として $2.0\text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ 、ホール易動度 $0.6\text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ の値を得ている。

第 4 章「新規双連続型キュービック液晶の電荷輸送特性」では、チオフェン骨格を有するポリカテナー誘導体により形成される空間群 Im3m の双連続型キュービック液晶を示す材料と空間群 1a3d の双連続型キュービック液晶を示す材料について易動度評価を行い、双連続型キュービック液晶 (Im3m) 材料では液晶状態で正電荷に対しては非分散の過渡光電流を観測し易動度として $1.1\times10^{-5}\text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ を得ている。負電荷では過渡光電流は分散波形となり易動度が求められず、これより双連続型キュービック液晶 (Im3m) 材料は液晶温度で p 型半導体であると結論している。昇温による等方相への転移により易動度は不連続に低下するものの、液晶相、等方相とも熱活性型の温度依存性を示し、等方相になると、負電荷由来の過渡光電流が観測されることを見出し、易動度の評価を行ったところ、正電荷より 1 桁程度おそい値であり、活性化エネルギーも大きく異なることから、負電荷についてはイオン伝導によるものと帰属している。さらに、等方相転移温度より 30℃以上の高温領域で 2 種類の正電荷の信号

が検出され、新に出現する遅い成分は負電荷と同程度の易動度であることからイオン伝導である可能性が高いことを指摘している。双連続型キュービック液晶(Ia3d)材料でも同様の傾向がみられ、液晶相における正電荷の易動度が $10^{-6}\text{cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ 程度であることを明らかにしている。

第5章「総括」では本研究で得られた結果を総括している。

これを要するに、本論文はフレキシブルデバイスなどへの応用が期待される有機半導体について、電気特性を支配する重要な因子である易動度の異方性測定手法について、新たな解析手法を提案し実証するとともに、低異方性構造を有する双連続キュービック液晶相という新たな可能性を有する物質を報告するもので、工学上、工業上貢献する所が大きい。よって本論文は博士（工学）として十分な価値があると認められる。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。